

10/530336

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
22 avril 2004 (22.04.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/034502 A2

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : **H01P**
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/050080
- (22) Date de dépôt international : 3 octobre 2003 (03.10.2003)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
02/12656 11 octobre 2002 (11.10.2002) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **THOMSON LICENSING S.A.** [FR/FR]; 46 Quai Alphonse Le Gallo, F-92100 BOULOGNE-BILLANCOURT (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **BOISBOUVIER, Nicolas** [FR/FR]; 6, rue Jean Moulin, F-35700 RENNES (FR). **LE BOLZER, Françoise** [FR/FR]; 28 rue Charles Oberthur, F-35000 RENNES (FR). **LOUZIR, Ali** [TN/FR]; 6 rue de la Godmondière, F-35000 RENNES (FR). **TAROT, Anne-Claude** [FR/FR]; 15, rue de Normandie, F-35370 ETRELLES (FR). **MAHDJOUBI, Kouroch** [FR/FR]; 21, rue Vivaldi, F-35530 NOYAL SUR VILAINE (FR).
- (74) Mandataire : **RUELLAN-LEMONNIER, Brigitte**; Thomson, 46 Quai Alphonse Le Gallo, F-92648 Boulogne cedex (FR).
- (81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

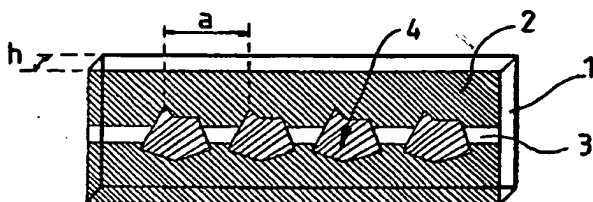
Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(54) Title: METHOD OF PRODUCING A PHOTONIC BANDGAP STRUCTURE ON A MICROWAVE DEVICE AND SLOT-TYPE ANTENNAS EMPLOYING ONE SUCH STRUCTURE

(54) Titre : PROCEDE DE REALISATION D'UNE STRUCTURE A BANDES INTERDITES PHOTONIQUES (BIP) SUR UN DISPOSITIF MICRO-ONDES ET ANTENNES DU TYPE FENTE UTILISANT UNE TELLE STRUCTURE



(57) Abstract: The invention relates to a method of producing a photonic bandgap structure on a slot-type microwave device which is produced on a metallised substrate. According to the invention, periodically-spaced patterns (4) are formed on the surface of the aforementioned substrate (1) opposite the surface comprising the slot (3). The invention is suitable for slot-type antennas.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de réalisation d'une structure à bandes interdites photoniques (BIP) sur un dispositif micro-ondes du type fente réalisé sur un substrat métallisé dans lequel on forme sur la face du substrat (1) opposée à la face recevant la fente (3) des motifs (4) périodiquement espacés. L'invention s'applique aux antennes de type fente.

WO 2004/034502 A2

PROCEDE DE REALISATION D'UNE STRUCTURE A BANDES
INTERDITES PHOTONIQUES (BIP) SUR UN DISPOSITIF MICRO-ONDES
ET ANTENNES DU TYPE FENTE UTILISANT UNE TELLE STRUCTURE

5 La présente invention concerne un procédé de réalisation d'une structure à bandes interdites photoniques sur un dispositif micro-ondes, plus particulièrement sur un dispositif du type fente réalisée sur un substrat métallisé. La présente invention concerne aussi les antennes de type fente utilisant une telle structure.

10 Les structures à bandes interdites photoniques connues sous l'abréviation BIP ou de manière générale sous le terme « photonic band gap structure » en langue anglaise, sont des structures périodiques qui interdisent la propagation d'une onde pour certaines bandes de fréquences. Ces structures ont tout d'abord été utilisées dans le domaine optique mais,
15 depuis quelques années, leur application s'est étendue à d'autres gammes de fréquences. Ainsi, on les utilise notamment dans des dispositifs micro-ondes tels que des antennes, des filtres, des guides, etc. L'utilisation d'une structure à bandes interdites photoniques avec une ligne réalisée en technologie microruban est décrite notamment dans l'article « Novel 2-D
20 photonic band gap structure for microstrip lines » publié dans le journal IEEE « Microwave and guided wave letters – Vol. 8 – n° 2 – February 1998 ». Cet article décrit une structure à bandes photoniques interdites constituée par des disques gravés sur la face du substrat opposée à celle recevant la ligne microruban. Cette structure permet de réaliser un filtre.

25 Dans le cas de lignes microruban ou d'antennes de type patch, les structures BIP sont obtenues principalement soit en gravant des motifs périodiques obtenus par dé-métallisation du plan de masse de la structure réalisée en technologie microruban comme décrit ci-dessus, soit en perçant périodiquement le substrat comportant les circuits en technologie
30 microbande tout en conservant la continuité du plan de masse. Les

structures déjà décrites dans l'art antérieur présentent de grandes possibilités, notamment de filtrages.

La présente invention a donc pour but de proposer un procédé de réalisation d'une nouvelle structure à bandes interdites photoniques sur un dispositif micro-ondes ainsi que son application dans les antennes, notamment les antennes du type fente annulaire ou des antennes de type Vivaldi pour réaliser un filtrage ou une adaptation en fréquence de ladite antenne.

Ainsi, la présente invention a pour objet un procédé de réalisation d'une structure à bandes interdites photoniques (BIP) sur un dispositif micro-onde du type fente réalisé sur un substrat métallisé, caractérisé en ce qu'il consiste à former sur la face du substrat opposée à la face recevant la fente des motifs métalliques périodiquement espacés.

Selon une caractéristique supplémentaire, la périodicité entre deux motifs est égale à $k\lambda_g/2$ où λ_g est la longueur d'onde guidée dans la fente à la fréquence de la bande interdite choisie et k un entier impair. D'autre part, la largeur et la profondeur de la bande interdite sont fonction de la surface du motif périodique. Ainsi, un motif périodique peut avoir la forme d'un disque, d'un carré, d'un anneau ou être constitué par des éléments en forme de H ou toute autre forme connue qui pourra être répétée périodiquement et dont la superficie déterminera la largeur et la profondeur de la bande interdite. Conformément à l'invention, les motifs périodiques peuvent être des motifs différents présentant la même surface équivalente, à savoir pour un motif sous forme de disque, le ratio r/a dans lequel r est le rayon et a la distance entre deux motifs est identique tout au long de la structure.

De préférence, le motif périodique est réalisé par gravure d'une couche métallique déposée sur la face du substrat opposée à la face recevant la fente. Les motifs périodiques sont réalisés au moins en partie sous la fente.

D'autre part, la présente invention concerne aussi des antennes micro-ondes dans lesquelles une structure BIP est formée pour obtenir un filtrage de certaines fréquences indésirables ou pour obtenir plusieurs bandes de communication en ouvrant des bandes interdites sur la réponse en fréquence d'une antenne très large bande. Ce type d'antennes est particulièrement intéressant dans le domaine des télécommunications sans fils.

La présente invention a donc pour objet une antenne micro-onde constituée par une fente fermée réalisée sur un substrat métallisé, la fente étant alimentée par une ligne d'alimentation, caractérisée en ce qu'elle comporte sous la fente fermée, une structure à bandes interdites réalisée selon le procédé décrit ci-dessus. Selon un mode de réalisation, la périodicité des motifs de la structure BIP est choisie pour que la fréquence de la bande interdite soit égale à une des harmoniques de la fréquence de fonctionnement de la fente fermée.

Selon un autre mode de réalisation, la périodicité des motifs de la structure BIP est choisie pour que la fréquence de la bande interdite soit supérieure à la fréquence de fonctionnement de la fente fermée. Dans ce cas, la structure est utilisée dans sa bande passante, ce qui permet de rendre plus compacte les circuits utilisant des fentes.

De préférence, la fente fermée est une fente annulaire. La fente est alimentée selon une transition ligne-fente par une ligne d'alimentation réalisée en technologie microruban.

Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, sous la ligne microruban, est réalisée une structure à bandes interdites photoniques par dé-métallisation de la surface du substrat opposée à la surface sur laquelle est réalisée la ligne microruban.

Selon encore une autre caractéristique de la présente invention, celle-ci s'applique à une antenne fente de type Vivaldi, caractérisée en ce qu'elle comporte une structure à bandes interdites photoniques réalisée selon le procédé décrit ci-dessus. Dans ce cas, la structure à bandes

interdites est réalisée le long d'au moins un des profils de la fente formant l'antenne de type Vivaldi.

De préférence, l'antenne de type Vivaldi est alimentée selon une transition ligne-fente par une ligne d'alimentation réalisée en technologie microruban. On a alors la possibilité d'augmenter le nombre de bandes interdites, soit en ajoutant sous la ligne microruban, une structure à bandes interdites photoniques par dé-métallisation de la surface du substrat recevant la ligne, soit en disposant deux dimensionnements à bandes photoniques interdites distincts, l'un sur le premier profil de l'antenne de type Vivaldi, correspondant à une première bande de fréquence à interdire, et l'autre sur l'autre profil de l'antenne de type Vivaldi, correspondant à une seconde bande de fréquence à interdire.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description de différents modes de réalisation, cette description étant faite avec référence aux dessins ci-annexés dans lesquels :

Figure 1 est une vue en perspective schématique d'un dispositif micro-ondes du type fente muni d'une structure conforme à la présente invention.

Les figures 2a, 2b, 2c et 2d représentent schématiquement différentes vues en perspective d'un dispositif micro-ondes du type fente muni d'une structure à bandes interdites photoniques dans laquelle les motifs ont différentes formes.

Les figures 3a et 3b représentent des modes de réalisation dans lesquels la surface des motifs suit une loi particulière.

La figure 4 est une vue schématique d'une structure à bandes interdites photoniques utilisée pour tester un mode de réalisation de la présente invention.

Les figures 5a et 5b sont des courbes comparant les coefficients de réflexion et de transmission d'une transition ligne-fente munie d'une

structure à bandes interdites photoniques avec une transition ligne-fente classique.

La figure 6 est une courbe donnant le coefficient de transmission dans le cas d'une structure à bandes interdites photoniques constituée de disques comme représenté sur la figure 4, montrant l'influence du rayon des disques sur la bande interdite.

La figure 7 est une courbe donnant les coefficients de transmission et de réflexion dans le cas où la structure à bandes interdites photoniques a été dimensionnée pour réduire la taille de la bande interdite.

La figure 8 représente schématiquement une antenne du type fente annulaire munie d'une structure à bandes interdites photoniques, selon un mode d'utilisation du procédé de la présente invention.

La figure 9 représente une courbe donnant le coefficient de réflexion de l'antenne représentée à la figure 8, par comparaison avec une antenne fente annulaire de type classique.

La figure 10 représente les composantes principales de rayonnement de l'antenne dans le cas d'une antenne du type fente annulaire, comparant le cas d'une antenne munie d'une structure à bandes interdites photoniques et d'une antenne de type classique.

Les figures 11a et 11b représentent différentes formes pour le motif de la structure à bandes interdites photoniques.

La figure 12 est une courbe donnant le coefficient de réflexion des antennes des figures 11a et 11b, par comparaison avec une antenne du type fente annulaire classique.

La figure 13 est une représentation schématique d'une antenne fente annulaire munie d'une structure BIP conforme à la présente invention et alimentée par une ligne d'alimentation de type microruban, munie d'une structure BIP de type classique.

La figure 14 est une courbe donnant le coefficient de réflexion en fonction de la fréquence pour les différentes antennes du type fente annulaire représentées dans la présente invention.

La figure 15 est une vue schématique d'une antenne du type Vivaldi munie d'une structure BIP selon un autre mode de réalisation de la présente invention.

La figure 16 est une courbe donnant le coefficient de réflexion en
5 fonction de la fréquence, dans le cas de l'antenne de type Vivaldi représentée à la figure 15, par comparaison avec une antenne Vivaldi de type classique, et

Les figures 17a et 17b sont des représentations schématiques de deux autres modes de réalisation d'une antenne de type Vivaldi, conforme à
10 la présente invention.

Pour simplifier la description, dans les figures les mêmes éléments portent les mêmes références.

On décrira tout d'abord avec référence aux figures 1 à 7, le procédé de réalisation d'une structure à bandes photoniques interdites dite
15 structure BIP sur un dispositif micro-ondes de type fente.

Conformément à la présente invention, le dispositif est un circuit imprimé muni d'une ligne-fente. De manière plus précise, le dispositif comporte un substrat 1, dont une face 2 a été métallisée et dans lequel une ligne-fente 3 est réalisée par gravure de la couche métallique 2. Comme
20 représenté sur la figure 1, le substrat présente une hauteur h , et est réalisé en un matériau diélectrique connu.

Conformément au procédé de la présente invention, la structure BIP est obtenue en réalisant des motifs 4 de manière périodique sur la face du substrat 1 opposée à la face portant la couche métallique 2. Les motifs 4
25 sont réalisés par gravure d'une couche métallique donnant les motifs métalliques 4. De préférence, les motifs 4 sont gravés sous la ligne-fente 3.

Pour obtenir la structure à bandes interdites photoniques, les motifs 4 sont espacés d'une distance a qui donne la période de répétition du motif, cette distance fixant la fréquence centrale de la bande interdite
30 lorsque les motifs sont identiques. De ce fait, la distance « a » est de l'ordre

de $k\lambda g/2$ où λg est la longueur d'onde guidée dans la fente 3 à la fréquence centrale de la bande interdite choisie et k un entier.

Comme représenté sur la figure 4, le motif est de forme quelconque. Toutefois, la surface équivalente du motif détermine la largeur
5 ou la profondeur de la bande interdite.

Comme représenté sur les figures 2a à 2d, les motifs utilisés peuvent être des motifs en forme de disque 4a, comme représenté sur la figure 2a, de rectangle ou de carré 4b, comme représenté sur la figure 2b, d'une forme sensiblement en H permettant de jouer sur plusieurs paramètres
10 tels que les dimensions $L1$, $L2$ et g , à savoir une forme à 3 degrés de liberté, telle que représentée par le motif 4c sur la figure 2b ou de forme annulaire 4d, comme représenté sur la figure 2d. Comme cela sera démontré ci-après, les dimensions du motif, notamment sa surface équivalente, permettent d'ajuster la largeur ou la profondeur de la bande interdite.

15 D'autre part, comme représenté sur les figures 3a et 3b, une structure conforme à la présente invention peut être obtenue en utilisant des motifs sous forme de disque dont le rayon est variable, de manière progressive, tout en maintenant un espacement entre disques constant et égal à a . La variation peut suivre une loi mathématique définie telle qu'une
20 loi du type fenêtre de Hamming, Barlett ou Kaiser. D'autre part, comme représenté sur la figure 3b, l'espacement entre les disques peut aussi être modifié de manière progressive.

De plus, les structures décrites ci-dessus peuvent être combinées, en particulier pour obtenir un élargissement de la bande
25 interdite. Ainsi, il est possible de mettre en cascade deux structures du type représenté à la figure 4, l'une avec un espacement a et des motifs sous forme de disque de rayon r , l'autre avec un espacement a' et des motifs sous forme de disque de rayon r' . Dans ce cas, la fréquence centrale correspond au centre de la bande de fréquence définie par la fréquence
30 minimale de la structure BIP ayant la plus basse fréquence centrale et par la

fréquence maximale de la structure BIP ayant la plus haute fréquence centrale.

On décrira maintenant, plus particulièrement avec référence aux figures 4 à 7, l'utilisation de la structure BIP conforme à l'invention, dans des antennes de type fente, pour obtenir un filtrage de certaines fréquences, à savoir réaliser un filtre coupe-bande.

Comme représenté sur la figure 4, le phénomène de filtrage a été mis en évidence en simulant une ligne-fente 10, dans laquelle on a métallisé des disques 11, ces disques étant réalisés selon un motif périodique, avec une période a , telle que $a = \lambda_g/2$, λ_g étant défini comme ci-dessus et le disque présentant un rayon r .

La ligne-fente a été simulée comme étant excitée par deux transitions ligne-fente 12 et 13, à chaque extrémité de la fente 10. La ligne-fente a été dimensionnée en utilisant les lois établies par Knorr et dans le cas de la présente invention, on a pris comme dimensions $a = 18.9$ mm, $r = 2.4$ mm et $n = 9$. Les résultats de la simulation représentés sur la figure 5a permettent de mettre en évidence l'ouverture d'une bande interdite ayant une largeur d'environ 1 GHz autour de la fréquence 6.5 GHz. Lorsque l'on compare les résultats de la figure 5a avec ceux obtenus pour une ligne-fente sans structure à bandes photoniques interdites, comme représenté sur la figure 5b, on s'aperçoit que l'on a créé un filtre coupe-bande autour de 6.5 GHz.

En partant de la même structure, on a simulé des disques ayant des rayons différents et l'on a obtenu les résultats représentés sur la figure 6, dans le cas d'une structure photonique à six disques avec des rayons r variant entre 2.7 mm et 4.2 mm. On s'aperçoit que la surface du disque entraîne une modification de la largeur et de la profondeur du coefficient de transmission des bandes photoniques interdites.

Sur la figure 7, on a représenté le coefficient de réflexion d'une structure telle que celle de la figure 4, avec des motifs BIP constitués par vingt disques de rayon 1.6 mm avec un espacement de $a = 14.7$ mm. Dans

ce cas, on s'aperçoit que l'on a une bande interdite étroite de 700 MHz autour de la fréquence 7.5 GHz.

Basé sur les différents résultats de simulation, il est donc possible de déterminer le dimensionnement d'une structure BIP constituée par des
5 disques métalliques susceptibles d'avoir une bande photonique interdite centrée sur une fréquence souhaitée. Ainsi, soit a la période de répétition du motif BIP et λ_{bi} la longueur d'onde correspondant à la fréquence centrale de la bande interdite souhaitée, la période peut être obtenue en utilisant l'équation suivante :

10
$$a = \lambda_{bi}/2 \sqrt{\epsilon_{eff}}$$

où ϵ_{eff} représente la permittivité effective du substrat.

On s'aperçoit ensuite que le rayon r des disques influence la largeur et la profondeur du coefficient de transmission de la bande interdite. Une bande interdite significative (S_{21} de l'ordre de -20dB) est obtenue
15 pour une valeur telle que $0.15 < r/a < 0.25$.

Cela a été démontré dans les figures données ci-dessus.

On décrira maintenant avec référence aux figures 8 à 17, différentes structures d'antennes de type fente munies de structures BIP obtenues selon le procédé décrit ci-dessus, pour réaliser des fonctions de
20 filtrage.

Ainsi, dans le cas des figures 8 à 12, on a réalisé une structure BIP sous une antenne du type fente fermée, alimentée par une ligne d'alimentation, plus particulièrement une ligne du type ligne microruban, selon une transition ligne-fente utilisant les lois connues de Knorr.

25 Sur la figure 8, on a représenté très schématiquement, une fente annulaire 20. Cette fente a été réalisée par gravure d'un plan de masse sur un substrat non représenté. Cette fente annulaire 20 est alimentée par une ligne microruban 21, l'ensemble étant dimensionné de manière connue pour un fonctionnement à une fréquence donnée F_0 . Dans ce cas, l'antenne
30 présente des résonances à tous les multiples impairs de la fréquence F_0 .

Conformément à la présente invention, on a réalisé une structure BIP formée par des disques 22 métallisés périodiquement sous la fente annulaire. Cette structure BIP 22 est dimensionnée de manière à filtrer une des harmoniques obtenues dans le cas d'une antenne-fente annulaire de type classique.

Ainsi, la périodicité a entre deux motifs 22 a été calculée de manière à avoir une fréquence de la bande interdite correspondant, par exemple, à l'harmonique d'ordre 3. A titre d'exemple, pour un fonctionnement à $F_0 = 2.4$ GHz, le rayon de la fente annulaire 20 est $R = 5.4$ mm et la longueur de la ligne microruban 21 est de 20 mm.

Comme représenté sur la figure 9, on obtient des résonances parasites autour de 7 GHz, soit sensiblement à une valeur $3F_0$, alors que l'allure du coefficient de réflexion est sensiblement plate dans la région autour de 5 GHz. Cette antenne-fente est munie d'une structure BIP dont les dimensions ont été calculées en utilisant les règles données ci-dessus pour les disques. On obtient donc une périodicité entre disques $a = 14.7$ mm et un rayon des disques de 3.7 mm de manière à éliminer la fréquence de résonance autour de 7 GHz. Cela est représenté sur la figure 9 par la courbe munie de points. Avec les deux types d'antennes et comme représenté sur la figure 10, on obtient un diagramme de rayonnement omnidirectionnel sensiblement similaire. Ceci résulte aussi du tableau A ci-après donnant l'efficacité du rayonnement et l'efficacité de l'antenne pour les deux cas.

TABLEAU A

	ASA 2.4 GHz	ASA avec BIP 2.05 GHz
Efficacité de rayonnement (%)	93,6	92,8
Efficacité de l'antenne (%)	93,1	86

25

Selon une variante de l'invention, une structure BIP de même type peut être utilisée dans sa bande passante. Dans ce cas, la structure BIP est

dimensionnée pour présenter une bande interdite à une fréquence plus élevée que la fréquence d'utilisation souhaitée. Dans sa bande passante, la structure BIP est à l'origine d'un effet appelé « slow wave » : la phase du coefficient de transmission d'une onde le long d'une ligne fente est modifiée par la présence des pastilles métalliques sous cette ligne. La vitesse de propagation de l'onde sous la fente est alors ralentie (« Slow-wave effect »). Il est donc possible de proposer une structure BIP dans laquelle la longueur électrique équivalente de la fente est modifiée. Autrement dit, la présence de la structure BIP permet de réduire la longueur d'onde guidée dans la fente :

$$(\lambda_g)_{BIP} < \lambda_g < \lambda_0$$

Avec $(\lambda_g)_{BIP}$, la longueur d'onde guidée dans la fente en présence de la structure BIP, λ_g la longueur d'onde guidée dans la fente et λ_0 , la longueur d'onde guidée dans le vide.

Ainsi, une antenne fente annulaire dimensionnée à 2,4 GHz présente un fonctionnement identique en présence d'une structure BIP mais à une fréquence plus basse (2 GHz, par exemple).

Comme représenté sur les figures 11a et 11b, la forme des motifs 22a et 22b de la structure BIP peut être différente, par exemple circulaire ou carrée. Toutefois, comme il résulte de la courbe 12b, si la surface du motif 22a et du motif 22b est équivalente et que l'espacement a entre deux motifs est identique, on obtiendra des phénomènes sensiblement identiques, notamment la suppression de l'harmonique de rang 3 obtenue avec une antenne à fente annulaire de type classique, lorsque la structure BIP fonctionne en filtre.

Comme représenté sur les courbes de la figure 9 et de la figure 12, l'utilisation d'une structure BIP sous une antenne de type fente pour supprimer la fréquence d'une harmonique impaire peut entraîner la création d'harmoniques supplémentaires autour de la fréquence double (Cela est représenté par un pic de faible amplitude autour de 4 GHz).

Pour supprimer ce type d'harmonique, une structure BIP classique, comme décrit dans l'article mentionné dans l'introduction, peut

être utilisée. Dans ce cas, des motifs 23 sont créés sous la ligne d'alimentation 21 réalisée en technologie microruban, par dé-métallisation du plan de masse se trouvant en dessous de la ligne microruban.

Dans ce cas, des fentes sont ouvertes dans le plan de masse
5 sous la ligne micro-ruban.

Les résultats obtenus avec une telle structure sont donnés par la courbe de la figure 14, qui donne une comparaison du coefficient de réflexion S11 en fonction de la fréquence pour différents types d'antennes à fente annulaire, à savoir l'antenne de référence, l'antenne munie d'une
10 structure BIP conforme à la présente invention et l'antenne de la figure 13. Dans ce cas, on observe une diminution de l'amplitude du pic à la fréquence de 4 GHz.

On décrira maintenant un autre mode d'utilisation d'une structure BIP dans le cas d'une antenne fente de type Vivaldi. La description sera
15 faite avec référence aux figures 15 à 17.

Comme représenté sur la figure 15, sur un substrat métallisé 30, une antenne de type Vivaldi 31 a été réalisée par ouverture d'une fente en dé-métallisant la surface 30, cette fente présentant un profil s'évasant vers l'extérieur. Cette antenne de type Vivaldi est bien connue de l'homme de l'art
20 et ne sera pas décrite plus en détail. De manière connue, cette antenne est alimentée par une ligne d'alimentation 32 selon le principe de Knorr. Cette ligne d'alimentation 32 est constituée par une ligne microruban.

Conformément à l'invention, une structure BIP constituée par un motif périodique a été gravée sur la face du substrat opposée à la face
25 recevant la fente évasée 31, le long d'au moins un des profils constituant l'antenne de type Vivaldi. Comme représenté sur la figure 15, la structure BIP est constituée de quatre disques 32 régulièrement espacés d'une distance a.

L'utilisation d'une structure BIP telle que représentée sur la figure
30 15 permet de créer, dans une antenne de type Vivaldi, des bandes de fréquences dans lesquelles la propagation des ondes est interdite. En effet,

l'antenne Vivaldi a un fonctionnement intrinsèque à très large bande de fréquences, et l'utilisation d'une structure BIP permettra de créer une ou plusieurs sous-bandes de fonctionnement. La structure représentée à la figure 15, a été simulée sur une antenne de type Vivaldi fonctionnant autour d'une fréquence centrale de 5.8 GHz et présentant un profil suivant un rayon $R = 350$ mm, une longueur $L = 99$ mm et une ouverture $X = 30$ mm. Une antenne de type Vivaldi sans structure BIP présente une bande passante à 10 dB de 2 GHz, entre 5.5 et 7.5 GHz. Si une antenne de ce type est munie d'une structure BIP calculée pour présenter une bande interdite autour de 6.5 GHz, à savoir constituée de disques de rayon $r = 4.3$ mm selon une période $a = 17.2$ mm, on obtient un coefficient de réflexion en fonction de la fréquence telle que représentée sur la figure 16. Dans ce cas, la bande de fonctionnement de l'antenne de type Vivaldi est réduite par ajout de la structure BIP qui interdit la propagation des ondes le long de la fente, entre 5.5 et 7 GHz. Si l'on souhaite interdire deux bandes de fréquence disjointes, un profil de structure BIP 32a, 32b, tel que représenté sur la figure 17a, peut être utilisé. D'autre part, le filtrage peut être renforcé en alimentant l'antenne de type Vivaldi par une ligne d'alimentation 32 munie d'une structure BIP 33 de type classique, comme décrit ci-dessus dans le cas d'une antenne du type à fente annulaire.

Il est évident pour l'homme de l'art que les modes de réalisation décrits ci-dessus ont été donnés à titre d'exemples et qu'une structure BIP, obtenue selon le procédé conforme à la présente invention, peut être utilisée dans d'autres types d'antennes de type fente.

REVENDECATIONS

1 – Procédé de réalisation d'une structure à bandes interdites photoniques (BIP) sur un dispositif micro-ondes du type fente réalisé sur un substrat métallisé, caractérisé en ce qu'il consiste à former sur la face du substrat opposée à la face recevant la fente, des motifs métalliques (4, 4a, 4b, 4c, 4d, 5a, 5b, 11a, 22, 32) périodiques.

2 – Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la périodicité entre deux motifs est égale à $k\lambda_g/2$ où λ_g est la longueur d'onde guidée dans la fente à la fréquence de la bande interdite choisie et k un entier.

3 – Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la largeur et la profondeur de la bande interdite sont fonction de la surface équivalente du motif périodique.

4 – Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le motif est en matériau métallique.

5 – Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le motif est réalisé par gravure d'une couche métallique déposée sur la face du substrat opposée à la face recevant la fente.

6 – Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les motifs sont réalisés au moins en partie sous la fente.

7 – Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que dans une structure BIP, la dimension des motifs est modifiable selon une fonction progressive.

8 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, dans une structure BIP, l'espacement entre chaque motif est modifiable selon une fonction progressive.

5 9 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que plusieurs structures BIP différentes sont combinées l'une avec l'autre.

10 10 - Antenne micro-ondes constituée par une fente fermée réalisée sur un substrat métallisé, la fente étant alimentée par une ligne d'alimentation, caractérisée en ce qu'elle comporte une structure à bandes interdites (22) réalisée selon l'une des revendications 1 à 9.

15 11 - Antenne micro-ondes selon la revendication 10, caractérisée en ce que la périodicité des motifs de la structure BIP est choisie pour que la fréquence de la bande interdite soit égale à une des harmoniques de la fréquence de fonctionnement de la fente fermée.

20 12 - Antenne micro-ondes selon la revendication 10, caractérisée en ce que la périodicité des motifs de la structure BIP est choisie pour que la fréquence de la bande interdite soit supérieure à la fréquence de fonctionnement de la fente fermée.

25 13 - Antenne selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisée en ce que la fente fermée est une fente annulaire.

30 14 - Antenne selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisée en ce que la fente est alimentée selon une transition ligne-fente par une ligne d'alimentation réalisée en technologie microruban.

15 – Antenne selon la revendication 14, caractérisée en ce que sous la ligne microruban est réalisée une structure à bandes interdites photoniques par dé-métallisation de la face du substrat opposée à la face recevant la ligne.

5

16 – Antenne micro-ondes du type Vivaldi, caractérisée en ce qu'elle comporte une structure à bandes interdites (32) réalisée selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

10

17 – Antenne selon la revendication 16, caractérisée en ce qu'une structure à bandes interdites photoniques est réalisée le long d'au moins un des profils de la fente constituant l'antenne de type Vivaldi.

15

18 – Antenne selon l'une des revendications 16 et 17, caractérisée en ce que l'antenne de type Vivaldi est alimentée selon une transition ligne-fente par une ligne d'alimentation réalisée en technologie microruban.

20

19 – Antenne selon la revendication 18, caractérisée en ce que sous la ligne microruban est réalisée une structure à bandes interdites photoniques par dé-métallisation de la face du substrat recevant la ligne.

1/8

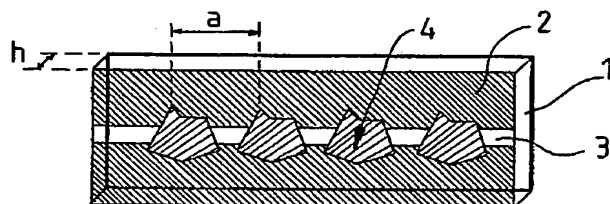


FIG. 1

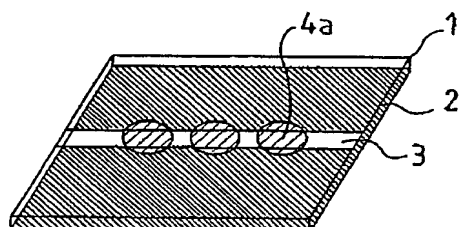


FIG. 2A

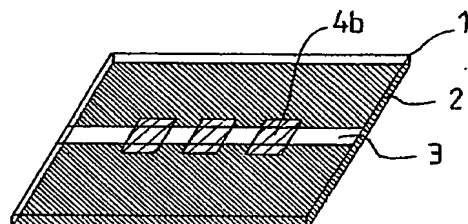


FIG. 2B

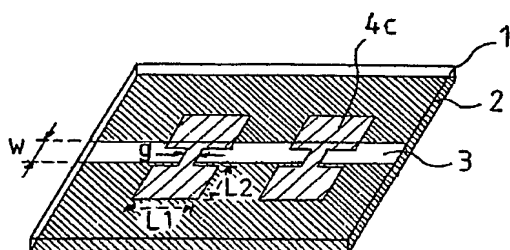


FIG. 2C

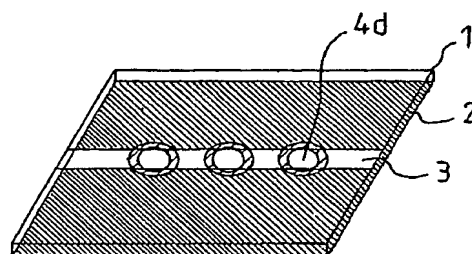


FIG. 2D

2/8

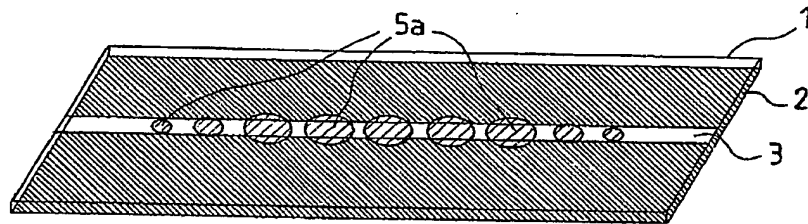


FIG. 3A

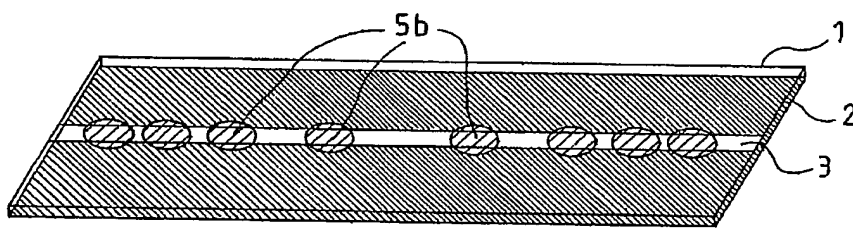


FIG. 3B

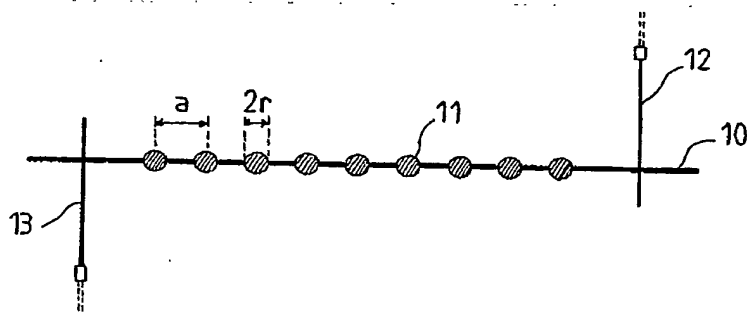


FIG. 4

3/8

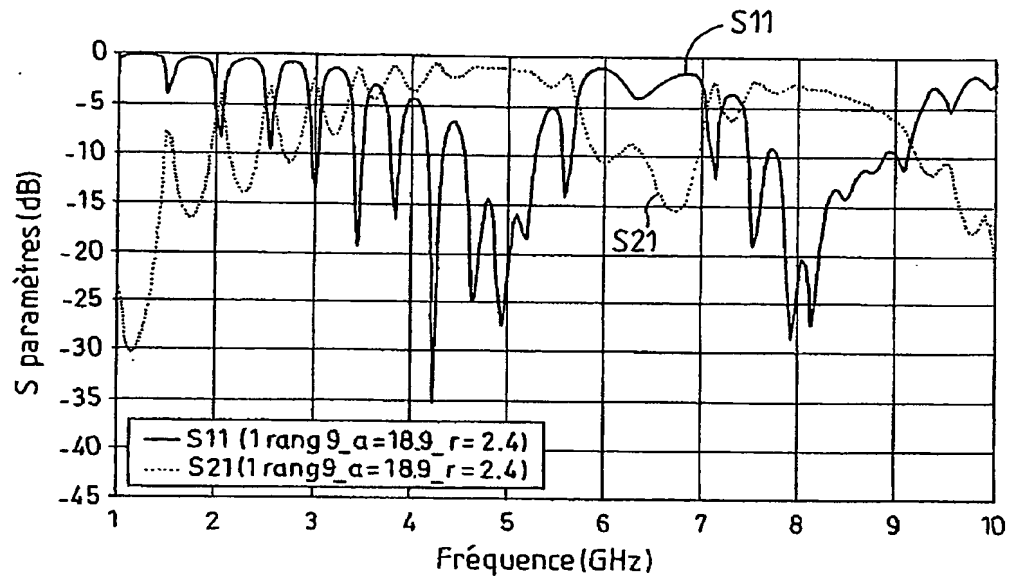


FIG. 5A

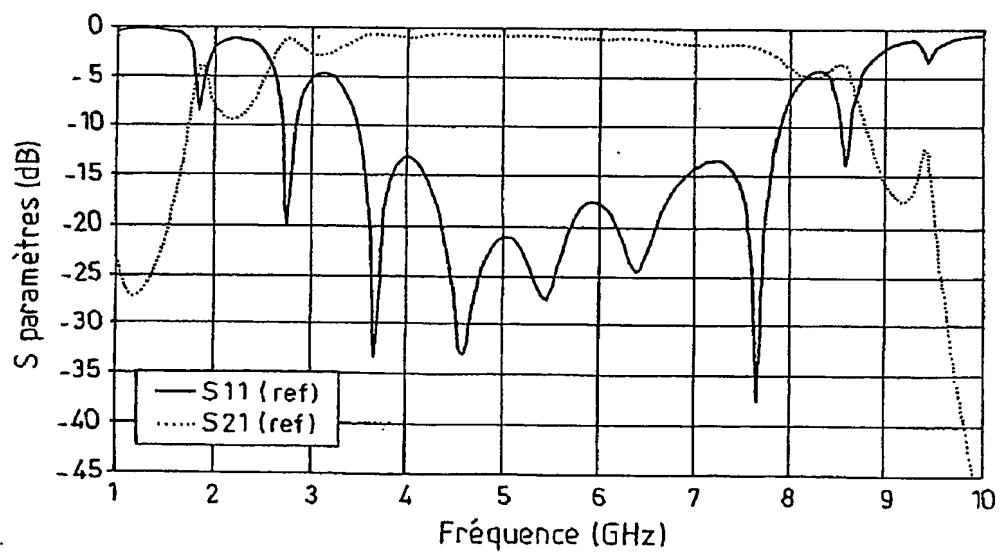


FIG. 5B

4/8

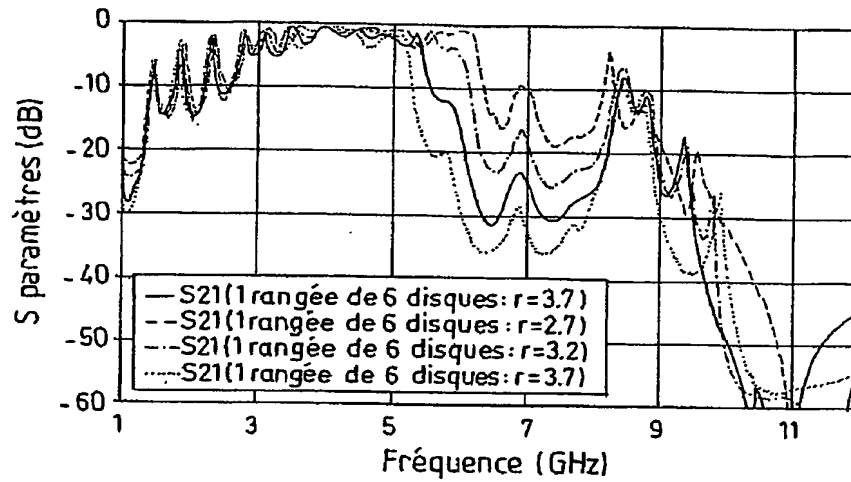


FIG.6

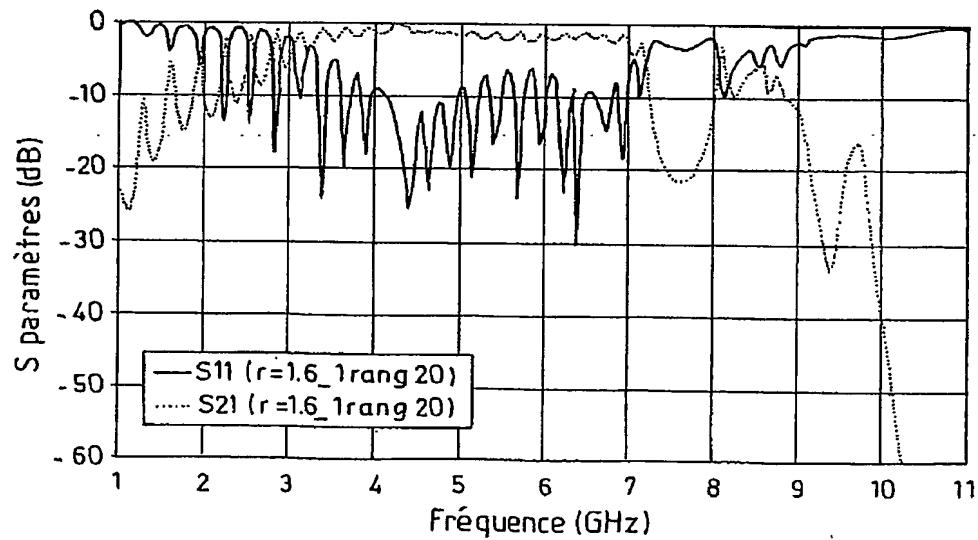


FIG.7

5/8

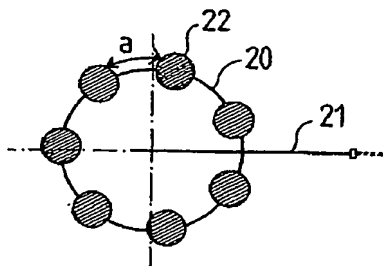


FIG. 8

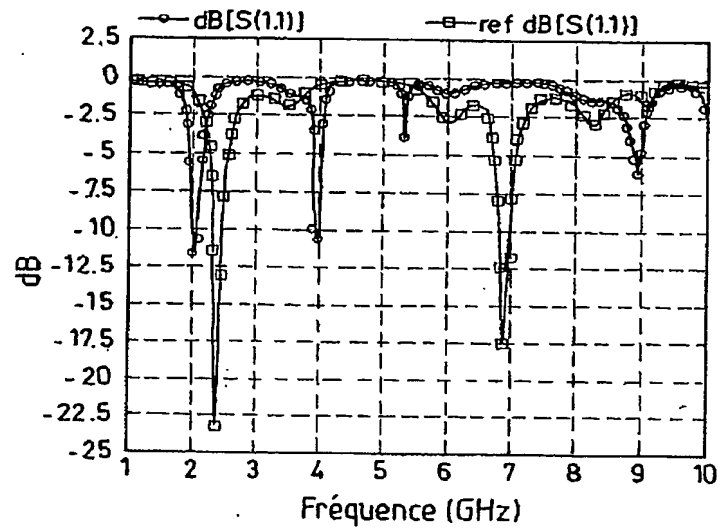


FIG. 9

—•— asa ref, $f=2.4$ (GHz), E-theta, phi=0 (deg), PG=3.13068 dB, AG=1.95237 dB
 asa ref, $f=2.4$ (GHz), E-phi, phi=90 (deg), PG=3.13068 dB, AG=-0.0605768 dB
 —•— asa plg, $f=2.05$ (GHz), E-theta, phi=0 (deg), PG=2.75541 dB, AG=1.92051 dB
 —•— asa plg, $f=2.05$ (GHz), E-phi, phi=90 (deg), PG=2.75541 dB, AG=-0.301173 dB

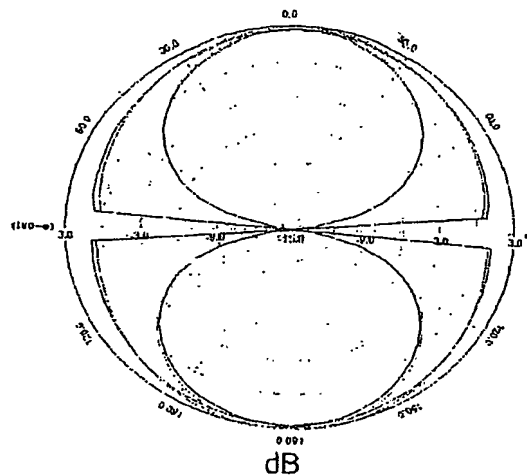


FIG. 10

6/8

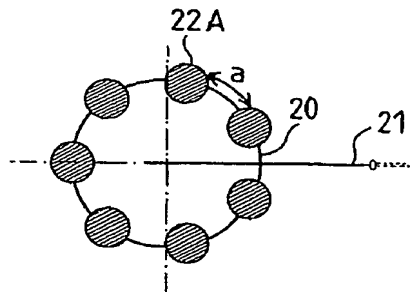


FIG. 11A

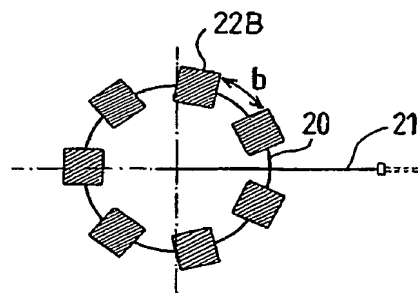


FIG. 11B

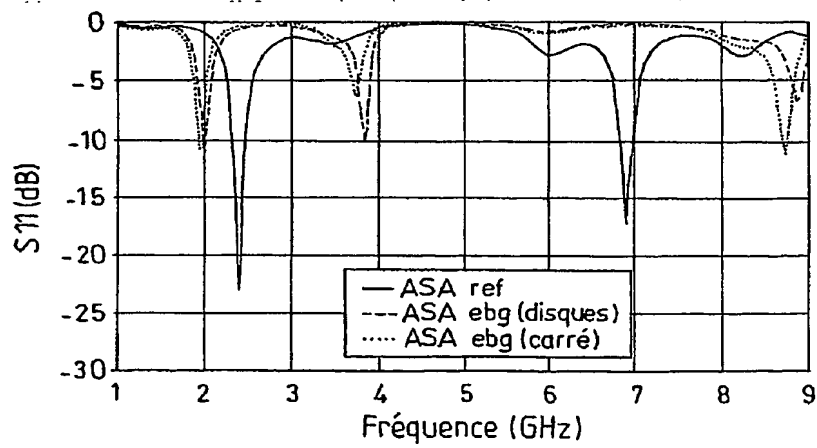


FIG. 12

7/8

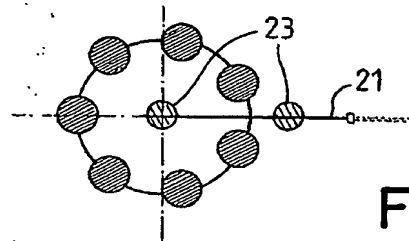


FIG.13

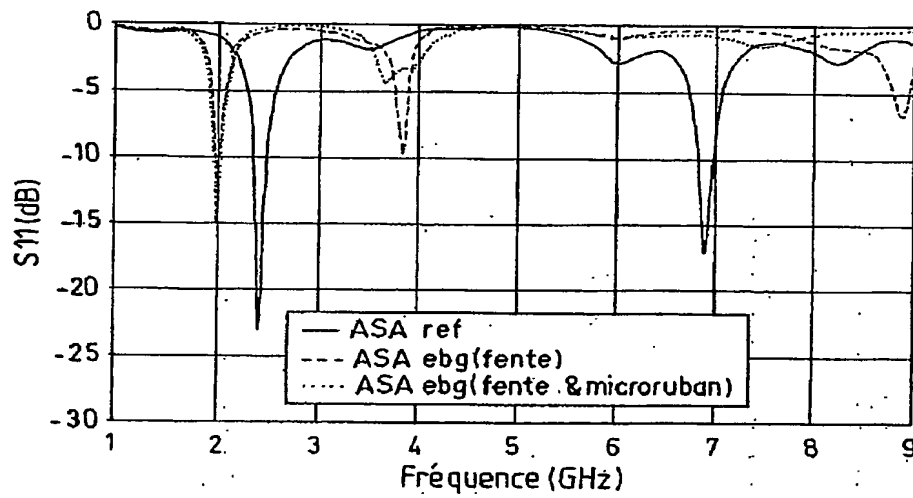


FIG.14

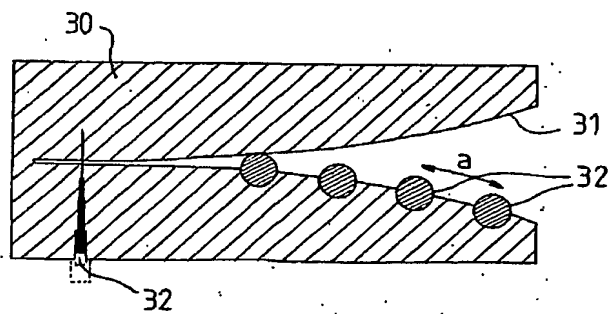


FIG.15

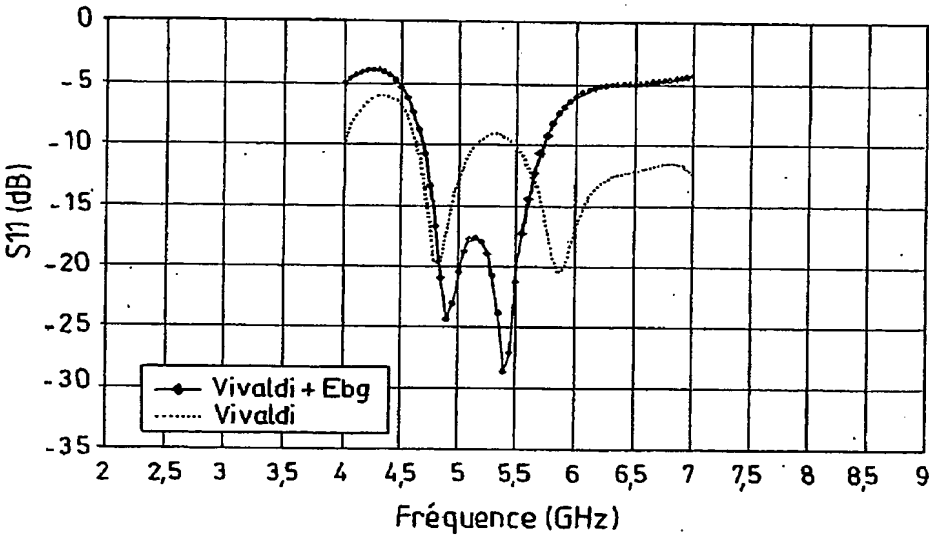


FIG.16

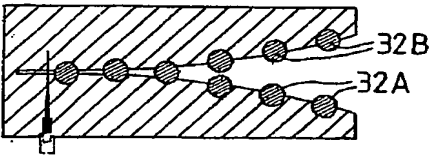


FIG.17A

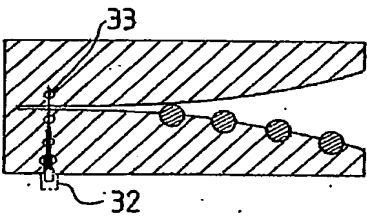


FIG.17B